

**Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Marty Gortych**  
**pt.: Krzepnięcie materiałów PCM w poziomej przestrzeni**  
**pierścieniowej**

Niniejszą recenzję opracowano na zlecenie Rady Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego (pismo nr WI-P/42/2018, z dnia 31 stycznia 2018).

**1. Cel pracy i zakres badań**

Celem pracy była analiza wpływu tzw. parametrów zewnętrznych na proces krzepnięcia materiału PCM (wody) w poziomej warstwie pierścieniowej. Za parametry zewnętrzne uważa się: temperaturę zewnętrznych czynników, średnicę wewnętrznego i zewnętrznego cylindra tworzących warstwę pierścieniową oraz usytuowanie krzepnącego materiału PCM względem siły grawitacyjnej.

W pracy postawiono tezę, że głównymi czynnikami procesowymi wpływającymi na krzepnięcie cieczy w poziomej przestrzeni pierścieniowej są: opór cieplny warstwy kontaktu na powierzchni cylindra wewnętrznego oraz współczynnik przenikania ciepła na powierzchni krzepnięcia

Należy uznać, że temat pracy dotyczy ważnych i aktualnych problemów akumulacji ciepła pod względem teoretycznym i użytkowym.

**2. Przegląd literatury**

W początkowych rozdziałach pracy ogólnie omówiono różne przypadki krzepnięcia cieczy (zagadnienia Stefana) na tle wykorzystanych w pracy pozycji literaturowych. Autorka powołała się w pracy na 64 publikacji, w większości (w 85%) anglojęzycznych. Przeszło 40%

z ogółu pozycji zostało wydanych po roku 2000. Wykorzystane pozycje świadczą o dobrym rozeznaniu się Autorki w literaturze światowej, a tym samym w omawianej problematyce badań. Pozwala to równocześnie na zorientowanie się w aktualnym stanie nauki i techniki w zakresie analizowanych problemów.

### **3. Osiągnięcia pracy**

Za główne, uzyskane w pracy, osiągnięcia uważam:

- Opracowanie uproszczonego, quasi- stacjonarnego, modelu teoretycznego procesu krzepnięcia cieczy w poziomej warstwie pierścieniowej z uwzględnieniem konwekcji swobodnej. Model wiąże się z rozwiązaniem równania zachowania energii przy warunku brzegowym dotyczącym współczynnika przejmowania ciepła na powierzchni krzepnięcia cieczy (ruchomego warunku brzegowego ).
- Zaprojektowanie i wykonanie oryginalnego stanowiska badawczego, umożliwiającego określenie ilości zakrzepłej cieczy metodą cylindra miarowego oraz metodą wizualną.
- Weryfikacja rezultatów uzyskanych z modelu teoretycznego w oparciu o wyniki badań eksperymentalnych przeprowadzonych na stanowisku badawczym oraz uzyskanie dużej zgodności (wg oceny jakościowej) między wynikami badań teoretycznych i eksperymentalnymi
- Opracowanie teoretyczno- eksperymentalnej metody określenia współczynnika przejmowania ciepła na powierzchni krzepnięcia.
- Opracowanie metody określenia wpływu usytuowania materiału PCM względem siły grawitacji na krzepnięcie cieczy w poziomej przestrzeni pierścieniowej.
- Określenie zależności współczynnika przejmowania ciepła na powierzchni frontu krzepnięcia od kąta  $\varphi$ , z podziałem na część stałą i zmienną.

### **4. Ogólne uwagi dyskusyjne o charakterze krytycznym**

Przy czytaniu opiniowanej pracy nasuwają się następujące ogólne uwagi krytyczne :

1. W pracy brak dyskusji przyjętych założeń upraszczających przy opracowaniu modelu teoretycznego.
2. W pracy nie przeprowadzono oceny niepewności wyników pomiarów uzyskanych na stanowisku badawczym. Powyższą analizę zastąpiono autorytatywnym stwierdzeniem , że powyższa niepewność będzie nieduża. W przypadku zaś porównania zgodności wyników badań teoretycznych i eksperymentalnych zaproponowano wyznaczenie

korelacji między wspomnianymi wynikami. Wskazane byłoby uzupełnienie tych analiz o wyznaczenie poziomu ufności tej korelacji.

3. W pracy nie wyjaśniono jakie kryterium przyjęto przy doborze parametrów determinujących poszczególne warianty eksperymentów.
4. Prezentację tych samych informacji w tablicach i na rysunkach uważam za niepotrzebne.
5. Recenzent jest, co prawda, przekonany o możliwości uogólnienia rezultatów pracy uzyskanych dla wody na inne rodzaje czynników, celowe byłoby jednak porównanie wyników uzyskanych dla wody oraz dotyczących co najmniej jednego, innego, czynnika PCM.
6. Porównanie danych eksperymentalnych z obliczeniami teoretycznymi wskazuje na regularny charakter różnic między wynikami uzyskiwanymi w obu sposobach badań. Sugeruje to występowanie błędu systematycznego (niepewności systematycznej). Bliższa analiza powyższej okoliczności mogłaby umożliwić korektę uzyskanych wyników badań.

Podane wyżej uwagi mają bardziej dyskusyjny charakter niż krytyczny. Należy mieć świadomość, że ich uwzględnienie wymagałoby przeprowadzenie dodatkowych badań, a tym samym, zwiększenia i tak już, bardzo dużego zakresu pracy. Uwagi te nie umniejszają, w istotny sposób, wartości pracy i należy je traktować jako wskazówki dotyczące dalszych kierunków badań.

## 5. Wybrane szczegółowe uwagi krytyczne

Lektura pracy skłania do następujących ważniejszych uwag szczegółowych:

- str. 4 i dalsze: W spisie oznaczeń brak objaśnienia niektórych symboli (np.:  $\varphi$ ,  $\Theta$ ,  $a$ ,  $t$ ),
- str. 39 i dalsze, rys 3.9 i dalsze: W opisie rysunków powinno być:  $\tilde{k} = 0,26$ ,
- str. 57, tabl. 4.3.: Jak należy rozumieć przypadki:  $t = 0$ ,  $\varphi = 180^\circ$ ,  $\delta \neq 0$ ,
- str. 58 i dalsze, rys.4.13. i dalsze: Na osiach rzędnych  $\delta$  powinno mieć wymiar [m].

Mniej istotne uwagi o charakterze korekcyjnym i redakcyjnym bezpośrednio przekazano Autorce.

## **7. Znaczenie praktyczne pracy**

Materiały PCM są coraz częściej stosowane w technice cieplnej, zwłaszcza do akumulacji ciepła przy ogrzewaniu pomieszczeń. Wyniki uzyskane w pracy mogą znaleźć zastosowanie przy projektowaniu akumulatorów ciepła zasilanych energią odnawialną i/lub energią odpadową.

## **8. Wnioski**

Podsumowując ocenę rozprawy doktorskiej mgr inż. Marty Gortych pt.: "Krzepnięcie materiałów PCM w poziomej przestrzeni pierścieniowej" stwierdzam, że zakres pracy jest bardzo obszerny i wymagał od Autorki zarówno wiedzy i umiejętności z zakresu skomplikowanych analiz teoretycznych, jak również praktycznych umiejętności związanych z opracowaniem i wykonaniem stanowiska badawczego oraz przeprowadzaniem bardzo ambitnego planu badań eksperymentalnych.

Osiągnięcia uzyskane w pracy stanowią istotne uzupełnienie wiedzy dotyczącej krzepnięcia cieczy, a zwłaszcza rozwiązywania zadań z zakresu krzepnięcia cieczy w poziomej przestrzeni pierścieniowej.

Uważam, że poziom naukowy pracy jest bardzo wysoki. Moim zdaniem praca zasługuje na wyróżnienie.

Moim zdaniem Autorka wykazała słuszność tezy przyjętej na początku pracy.

Reasumując uważam, że praca spełnia z nadmiarem warunki stawiane pracom doktorskim i proponuję dopuścić ją do publicznej obrony.

